

Д. В. Ільїн

ОЧИСТКА ГАЗІВ У КАРБОНІЗАЦІЙНИХ РЕАКТОРАХ

Досліджено гідродинаміку й структуру та визначено модель потоків у реакторі; експериментально встановлено швидкість сорбції CO_2 в новому газорідинному реакторі розчину $n\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$. Показано, що газорідинний реактор ефективно може бути використано у виробництві кальцинованої соди для вловлювання аміаку та очищення від пилу

Ключові слова: гідродинаміка, очищення, вловлювання, реактор, сорбція, аміак

1. Вступ

Загальною тенденцією розвитку галузі є збільшення продуктивності виробництв, що обумовлено також необхідністю розширення асортименту продукції, можливість одночасної переробки промислових відходів. Слід також зазначити жорсткість висунутих до виробництв екологічних вимог. У цих умовах основними вимогами до обладнання для очищення газів є: висока ефективність, стійкість роботи при різних параметрах, можливість комбінованого очищення газів.

2. Постановка проблеми

У виробництві кальцинованої соди є процеси абсорбції газів рідиною, що супроводжуються фізико-хімічними перетвореннями в рідині з утворенням й кристалізацією твердої фази. Вони в корені міняють технологію й надають нові перспективні можливості; дозволяють одержати вихід продуктів, що перевищує гранично припустимий, збільшити селективність, забезпечити високу рушійну силу процесу, створити більш легкі умови підведення й відведення теплоти, зменшити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище й зробити більш компактними технологічні схеми.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження

В роботах [1-3, 6] проведена систематизація сполучених реакційно-масообмінних процесів, що протікають у сучасних галузях промисловості. Проведено аналіз переваг та недоліків основних конструкцій. Зроблено акцент на найважливіших конструкційних параметрах технологічного обладнання. Наведено приклади інженерних розрахунків.

3.2 Результати досліджень

В роботах [4-8] наведено результати досліджень сумісного реакційно-масообмінного процесу, що до-

зволили для розрахунку технологічних параметрів карбонізаційних колон виробництва очищеного бікарбонату натрію отримати залежності:

$$U_{\text{Na}} = -151.1 + 81.91R_{\text{вих}} + 0.53T_{\text{вх}}, \quad (1)$$

де U_{Na} - ступінь використання натрію, %; $R_{\text{вих}}$ - ступінь карбонізації розчину на виході з колони (КЛ); $T_{\text{вх}}$ - температура розчину на вході до КЛ, °С.

Залежність (1) отримана при обробці об'єму вибірки $N=95$; залишкова квадратична помилка $S_{\text{oy}}=0.28$ %, множинний коефіцієнт кореляції $R=0.58$, критерій Фішера $F_R=1.45$ на основі програмного пакету "Statistica 5.0".

$$U_{\text{CO}_2} = -123.64 + 1.08A_{\text{заг}}^{\text{вх}} + 51.27R_{\text{вих}} + 2.33L_{\text{вх}}, \quad (2)$$

де U_{CO_2} - ступінь використання CO_2 ; $A_{\text{заг}}^{\text{вх}}$ - загальна лужність, н.д.; $L_{\text{вх}}$ - щільність зрошення, $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$. Відповідно $S_{\text{oy}}=4.38$ %; $R=0.84$; $F_p=3.24$.

$$R_{\text{вих}} = 1.83 + 1.95 \cdot 10^{-5} V_{\text{вх}} + 0.28 \cdot 10^{-2} C_{\text{вх}}^{\text{CO}_2} - 0.35 \cdot 10^{-2} A_{\text{заг}}^{\text{вх}} - 0.68 L_{\text{вх}}, \quad (3)$$

де $R_{\text{вих}}$ - ступінь карбонізації на виході з колони; $V_{\text{вх}}$ - об'єм газової фази на вході до колони, $\text{м}^3/\text{год}$; $C_{\text{вх}}^{\text{CO}_2}$ - концентрація CO_2 в газі на вході до колони, %. Відповідно $S_{\text{oy}}=0.034$ %; $R=0.49$; $F_p=1.25$.

Залежність ефективного коефіцієнту швидкості абсорбції здобуто у вигляді

$$K_{\text{еф}} = \frac{L_{\text{вх}}}{H} \ln \frac{2-R_{\text{вих}}}{2-R_{\text{вх}}} = -0.179 + 0.35 \cdot 10^{-4} V_{\text{вх}} + 0.55 \cdot 10^{-2} C_{\text{вх}}^{\text{CO}_2} + 0.01 L_{\text{вх}}, \quad (4)$$

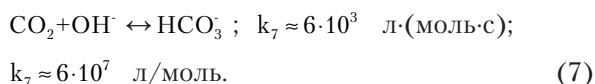
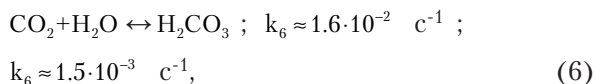
де H - робоча висота колони, м; $N=59$; $S_{\text{oy}}=0.06$ %; $R=0.75$; $F_p=2.25$.

Залежність розміру кристалів NaHCO_3 від основних параметрів на виході з колони має вигляд

$$\Theta = 222.69 - 1.64 T_{\text{вих}} + 0.01 R_{\text{вих}} - 200.76 W, \quad (5)$$

де W - швидкість газу у вільному перетині колони, м/с; Θ - розмір кристалів, мкм.

Аналіз здобутих залежностей з використанням політерми розчинності в системі $\text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ довів, що раціональний температурний інтервал в колоні карбонізації повинен знаходитись у межах 60 - 80 °С, причому 80 °С повинно відноситись до температури розчину, що надходить на карбонізацію. Процес абсорбції CO_2 лімітується реакціями:



Швидкість абсорбції може бути визначена рівнянням

$$\frac{dU_{\text{CO}_2}}{dt} = -\frac{L_{\text{вх}}}{H} \ln \left[\frac{2 - R_{\text{вх}}}{2 - R_{\text{вх}}} (P_{\text{CO}_2} - P_{\text{CO}_2}^*) \right], \quad (8)$$

Величина пересичення по NaHCO_3 в колоні залежить від величин dU_{CO_2}/dt та W рівняння (5), (8). Аналіз довів, що коли починається кристалізація NaHCO_3 величина dU_{CO_2}/dt повинна аномально збільшуватись, а коли утворюється NaHCO_3 - прямувати до нуля. Все вищезазначене свідчить про те, що в колоні по висоті повинно розрізнятися три зони. Визначено, що основним показником, який характеризує третю зону є час перебування суспензії в зоні, що визначається співвідношенням

$$\tau_s = \left[\frac{\sqrt{\pi}}{16\pi\rho} \right]^{1/4} (K_N \cdot K_G)^{-1/4} \left[\frac{C_{\text{Na}^+}^0 \cdot C_{\text{HCO}_3^-}^0}{P} \right]^{-2}, \quad (9)$$

де K_N - константа нуклеації; K_G - константа швидкості росту кристалів; $C_{\text{Na}^+}^0$ та $C_{\text{HCO}_3^-}^0$ - концентрація іонів у пересиченому розчині; ρ - щільність кристалів; P - добуток розчинності, моль²/м⁶.

Обґрунтовано, що в колоні з новою комбінацією контакторів масообмінні процеси пов'язані з поглинанням CO_2 протікають більш інтенсивно, ніж в колоні з пасетами у 1,7–2,3 рази, що підвищує ступінь використання CO_2 до 90 % та, відповідно продуктивність колони у 1,5 рази при збереженні її габаритів.

Література

1. Васильев, М.И. Вопросы интенсификации массообменных процессов при протекании реакций в сложно-реакционных гетерогенных системах [Текст] / Васильев М.И., Шаповров В.П. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 6/4 (36). – С.39-46.
2. Машины та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах [Текст] : підручник / Товарижський Л.Л., Шаповров В.П., Пітак І.В., Васильев М.І. та ін. – Х.: Колегіум, 2011. – 606 с.

3. Солодкий, В.Д. Основні складові механізму реалізації стратегії Карпатської конвенції на Буковині [Текст] / Солодкий В.Д., Масікевич Ю.І., Моїсєєв В.Ф., Пітак І.В. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 2/12(56). – С. 19-22.
4. Васильев, М.И. Исследование структуры многофазного закрученного потока в криволинейном канале и математическая модель газожидкостного реактора [Текст] / Васильев М.И., Шаповров В.П. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – № 37. – С.3-12.
5. Васильев, М.И. Деякі аспекти моделювання пристрою контактування фаз [Текст] / Шаповров В.П., Васильев М.І. // Промислова гідраліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ, 2011. – С.41-43.
6. Васильев, М.И. Интенсификация совмещенных реакционно-массообменных процессов в карбонизационных реакторах содового производства [Текст]: дис. канд. техн. наук / М.И. Васильев. – Х., 2012. – 169 с.
7. Пристрій для контактування фаз [Текст]: пат. Укр. на кор. модель № 50143: МПК (2009)B01J19/00, B01D53/04 / Васильев М.І., Шаповров В.П., Моїсєєв В.Ф., Бубликова Є.В.; заявники та патентовласники Васильев М.І., Шаповров В.П., Моїсєєв В.Ф., Бубликова Є.В.; заявл. 10.12.2009; публ. 25.05.10, Бюл.№10.
8. Карбонізаційна колона для здійснення складно-реакційного гетерогенного процесу [Текст]: пат. Укр. на кор. модель № 65361: МПК (2011.01)B01J 8/00. / Васильев М.І., Пітак І.В., Моїсєєв В.Ф., Цейтлін М.А., Шаповров В.П., Алаа Файяд Макки; заявники та патентовласники Васильев М.І., Пітак І.В., Моїсєєв В.Ф., Цейтлін М.А., Шаповров В.П., Алаа Файяд Макки; заявл. 09.03.2011; публ. 12.12.11, Бюл.№23.
9. Питак, И.В. Основы теории и расчета деталей роторного аппарата [Текст] / И.В. Питак // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №4/7(58). – С. 14-17.

ОЧИСТКА ГАЗОВ В КАРБОНИЗАЦИОННЫХ РЕАКТОРАХ

Д. В. Ильин

Исследована гидродинамика, структура потоков а также построена модель потоков в реакторе, экспериментально установлена скорость сорбции CO_2 в новом газожидкостном реакторе. Показано, что газожидкостной реактор может эффективно применяться в производстве кальцинированной соды для улавливания аммиака и очистки от пыли

Ключевые слова: гидродинамика, улавливание, реактор, сорбция, аммиак

Денис Владимирович Ильин, студент кафедры химической техники и промышленной экологии Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», тел. (095) 5494938, e-mail: denni-dog@mail.ru

CLEAN GASES IN THE KARBONIZATSION REACTORS

D. Ilin

Studied fluid dynamics, flow structure and a model of flow in the reactor has been established experimentally that the rate of sorption CO_2 in the new gas-liquid reactor. Shown that the gas-liquid reactor can be effectively used in the production of soda ash for trapping ammonia and dust removal

Keywords: hydrodynamics, capture, reactor, sorption, ammonia

Denis Ilin, student of department of chemical technology and industrial ecology, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", tel. (095) 549-49-38, e-mail: denni-dog@mail.ru